

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-136665

(43)Date of publication of application : 22.05.1998

(51)Int.Cl.

H02N 2/00

B06B 1/06

G01L 1/16

H01L 41/09

(21)Application number : 08-305622

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 31.10.1996

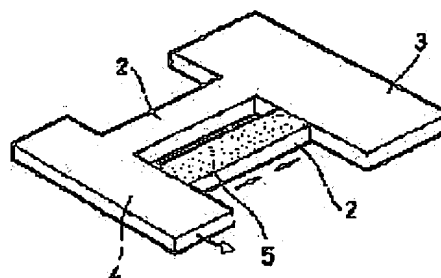
(72)Inventor : SOENO KEIICHI

## (54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an actuator of which highly accurate positional adjustment is possible, and can cope with the highly accurate adjustment of minute angles, and in which these adjustments can be made at high speeds, and furthermore which is possible for thinning with simple structure.

SOLUTION: For this actuator, a fixed part 3, a mobile part 4, and at least two beams 2 to connect these are integrally made by providing a plate-shaped body constituted of piezoelectric/electrostrictive material with at least one hole, and providing at least one part of at least one beam 2 with an electrode layer 5, so that the expansion and contraction in the direction of connecting the fixed part 3 with the mobile part 4 may arise, so as to constitute a displacement occurrence part. This is constituted so that the displacement of the mobile part 4 to the fixed part 3 arising accompanying the expansion and contraction of the displacement occurrence part may be a circular displacement or a rotational displacement within the face of the plate-shaped body.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-136665

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 2 N 2/00

H 0 2 N 2/00

B

B 0 6 B 1/06

B 0 6 B 1/06

Z

G 0 1 L 1/16

G 0 1 L 1/16

H 0 1 L 41/09

H 0 1 L 41/08

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平8-305622

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 10月31日

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋 1 丁目13番 1 号

(72) 発明者 添野 佳一

東京都中央区日本橋一丁目13番 1 号 ティーディーケー株式会社内

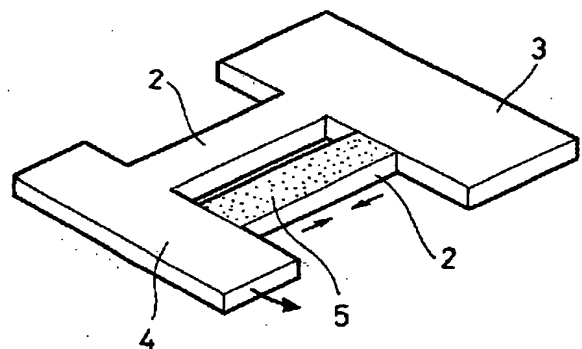
(74) 代理人 弁理士 石井 陽一

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 高精度の位置調整が可能であり、微小な角度の高精度な調整に対応でき、かつこれらの調整が高速にでき、しかも、簡単な構造で薄型化が可能なアクチュエータを提供する。

【解決手段】 圧電・電歪材料から構成される板状体に少なくとも1つの孔部を設けることにより、固定部3と、可動部4と、これらを接続する少なくとも2つの梁部2とを一体的に形成し、少なくとも1つの梁部2の少なくとも一部に、固定部3と可動部4とを結ぶ方向の伸縮が生じるように電極層5を設けて変位発生部を構成し、変位発生部の伸縮に伴い発生する固定部3に対する可動部4の変位が、板状体の面内における弧状変位または回転変位となるように構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電・電歪材料から構成される板状体に少なくとも1つの孔部を設けることにより、固定部と、可動部と、これらを接続する少なくとも2つの梁部とが一体的に形成されており、

少なくとも1つの梁部の少なくとも一部に、固定部と可動部とを結ぶ方向の伸縮が生じるように電極層が設けられて変位発生部が構成されており、

変位発生部の伸縮に伴い発生する固定部に対する可動部の変位が、板状体の面内における弧状変位または回転変位である圧電アクチュエータ。

【請求項2】 固定部と可動部とを結ぶ方向における変位発生部の伸縮が、電界の方向と直交する方向のものである請求項1の圧電アクチュエータ。

【請求項3】 幅が厚さより小さい梁部が少なくとも1つ存在する請求項1または2の圧電アクチュエータ。

【請求項4】 梁部および可動部が枠状の固定部に包囲されている請求項1～3のいずれかの圧電アクチュエータ。

【請求項5】 板状体の面内に対し平行な対称軸が存在する請求項1～4のいずれかの圧電アクチュエータ。

【請求項6】 板状体の面内に対し垂直な対称軸が存在する請求項1～4のいずれかの圧電アクチュエータ。

【請求項7】 孔部に柔軟性を有する充填材が充填されている請求項1～6のいずれかの圧電アクチュエータ。

【請求項8】 変位発生部に、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも2層存在する請求項1～7のいずれかの圧電アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電材料または電歪材料を用いたアクチュエータに関し、より詳細には、光学機器、精密機器、測定機器等の各種精密部品などの変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられるアクチュエータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】プリズム、レンズ、反射鏡、回折格子等の各種光学部品を有する機器の組立に際しては、光学部品の光軸を精密に合わせる必要がある。また、光学部品を組み込んだ機器では、光路の切り替え等のために光学部品の位置を変えたり回転させたりする必要がある。このため、光学部品の位置や角度を微調整するための機構が必要である。

【0003】従来、このような調整機構の駆動源としてはマイクロメータや精密モータが一般的に用いられており、さらに、直線変位や回転変位に変換させる機構などが付加されている。また、非常に微小かつ高精度の変位量制御が必要とされる用途、例えば電子顕微鏡のステージの駆動などには、圧電板を多数積層したアクチュエータが用いられている。また、特公平7-44848号公

報には、バイモルフ型圧電素子の撓み変位を利用して、光学部品などの角度調節を行う方法も提案されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】位置や角度の調整に精密モータやマイクロメータを用いる調整機構は、高精度になるほど大型化、複雑化すると共に、製造に時間とコストとがかかるという問題がある。

【0005】また、上記した電子顕微鏡ステージ駆動用圧電積層アクチュエータの場合、変位が直線的であるため、角度調整が困難であるという問題がある。

【0006】また、上記特公平7-44848号公報記載のバイモルフ型圧電素子は、薄板状の片持ち梁を組み合わせたものであり、簡単な構成で回転角度の調整が可能であるが、変位が薄板の面内方向ではないので、薄型化が難しいという問題がある。

【0007】本発明の目的は、高精度の位置調整が可能であり、微小な角度の高精度な調整に対応でき、かつこれらの調整が高速にでき、しかも、簡単な構造で薄型化が可能なアクチュエータを提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記(1)～(8)のいずれかの構成により達成される。

(1) 圧電・電歪材料から構成される板状体に少なくとも1つの孔部を設けることにより、固定部と、可動部と、これらを接続する少なくとも2つの梁部とが一体的に形成されており、少なくとも1つの梁部の少なくとも一部に、固定部と可動部とを結ぶ方向の伸縮が生じるように電極層が設けられて変位発生部が構成されており、変位発生部の伸縮に伴い発生する固定部に対する可動部の変位が、板状体の面内における弧状変位または回転変位である圧電アクチュエータ。

(2) 固定部と可動部とを結ぶ方向における変位発生部の伸縮が、電界の方向と直交する方向のものである上記(1)の圧電アクチュエータ。

(3) 幅が厚さより小さい梁部が少なくとも1つ存在する上記(1)または(2)の圧電アクチュエータ。

(4) 梁部および可動部が枠状の固定部に包囲されている上記(1)～(3)のいずれかの圧電アクチュエータ。

(5) 板状体の面内に対し平行な対称軸が存在する上記(1)～(4)のいずれかの圧電アクチュエータ。

(6) 板状体の面内に対し垂直な対称軸が存在する上記(1)～(4)のいずれかの圧電アクチュエータ。

(7) 孔部に柔軟性を有する充填材が充填されている上記(1)～(6)のいずれかの圧電アクチュエータ。

(8) 変位発生部に、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも2層存在する上記(1)～(7)のいずれかの圧電アクチュエータ。

## 【0009】

【作用および効果】本発明の圧電アクチュエータは、圧

電・電歪材料の板状体に孔部を設けることにより、固定部、可動部、変位発生部を一体的に形成したものである。この圧電アクチュエータでは、変位発生部の伸縮に伴い発生する固定部に対する可動部の変位が、板状体の面内における弧状変位または回転変位となる。この圧電アクチュエータを基板と駆動対象物との間に挟み、アクチュエータの固定部を基板に、可動部を駆動対象物に固定し、変位発生部に電圧を印加するだけで、基板に対する弧状、回転、振動等の高速かつ高精度な変位を駆動対象物に行わせることができる。

【0010】本発明の圧電アクチュエータでは、圧電・電歪材料の伸縮を利用して駆動対象物を変位させるに際し、駆動力伝達機構や直線変位から回転変位への変換機構などを別個に設ける必要がない。しかも、本発明の圧電アクチュエータは、圧電・電歪材料の板状体に孔部を設けるだけで上記各部を一体的に形成できる。このため、本発明の圧電アクチュエータは極めて低いコストで製造できる。

【0011】また、本発明の圧電アクチュエータは全体として板状体であり、かつ、弧状変位または回転変位が前記板状体の面内で生じるので、基板と駆動対象物との間に圧電アクチュエータを設けることによるアセンブリ全体の厚さ増加が極めて小さくて済む。

【0012】アクチュエータの変位発生部に、両側に電極層が存在する圧電・電歪材料層が少なくとも2層存在する構成、すなわち、いわゆる積層型の構成とすれば、各圧電・電歪材料層を薄くすることができるので、所定の駆動電圧を印加したときの電界強度を高くできる。このため、変位量を大きくすることが可能となる。あるいは、所定の変位量を発生させるために必要な駆動電圧を低減することができる。そして、電界方向と直交する方向の変位発生部の伸縮を可動部の変位に利用する構成とすれば、すなわち、圧電横効果を利用する構成とすれば、圧電・電歪材料層と電極層とをアクチュエータの厚さ方向に積層することで製造できる。このため、圧電縦効果を利用する場合に比べて、製造が容易となり、また、アクチュエータの機械的強度が高くなることもある。

【0013】本発明において、伸縮方向に垂直な断面における梁部の幅がその厚さより小さい構成とすれば、アクチュエータの面内方向における梁部の撓み剛性が厚さ方向の撓み剛性よりも小さくなる。このため、変位発生部の伸縮によって発生する梁部の撓みが圧電アクチュエータの面内方向に集中することになり、あおり等の不要な変位の発生を抑制できる。

【0014】本発明において、梁部および可動部が棒状の固定部に包囲される構成とすれば、アクチュエータの取り扱いが容易となり、落下等による損傷も低減できる。また、アクチュエータを基板に固定する際の接着面積が大きくなるので、接着強度が高くなると共に接着・

取り付け作業が容易となる。

【0015】本発明において、アクチュエータの形状を、面内に対し平行または垂直な対称軸が存在するよう構成すれば、アクチュエータの各種機器への取り付けの際に、アクチュエータの表裏の選択や取り付け角度の制限が不要となるか緩和されるので、作業が容易となる。

【0016】本発明において、前記板状体の孔部に柔軟性を有する充填材を充填する構成とすれば、共振や外部からの有害振動の影響が抑制され、機械的強度や耐衝撃性が向上し、耐湿性が向上する。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

【0018】図1の構成

図1に示される圧電アクチュエータは、圧電・電歪材料から構成される板状体の対向する側面に一对の切り欠きを設け、かつ両切り欠き間にスリット状孔部を設けることにより、固定部3と可動部4と、これらを接続する2本の棒状の梁部2とが形成されている。2本の梁部の一方には、電極層5が板状体の面内と平行となるように梁部の表面側に設けられ、裏面側にも同様な電極層が対向電極として存在する。梁部のうちこれら一对の電極層が存在する領域が変位発生部である。図1では、変位発生部を明示するため、電極層5が梁部表面に存在するように図示しているが、通常、電極層はアクチュエータ表面には露出しておらず、後述するように各電極層の表面に、いわゆる蓋としての圧電・電歪材料層が存在する構造とされる。なお、以降の図示例についても同様である。

【0019】変位発生部において一对の電極層に挟まれた圧電・電歪材料層が、PZT等のいわゆる圧電材料から構成されている場合、圧電・電歪材料層には、通常、変位性能向上のための分極処理が施されている。この分極処理による分極方向は、板状体の厚さ方向である。電極層に電圧を印加したときの電界の向きが分極の向きと一致する場合、両電極間の圧電・電歪材料層はその厚さ方向に伸長（圧電縦効果）し、その面内方向では収縮（圧電横効果）する。一方、電界の向きが分極の向きと逆である場合、圧電・電歪材料層はその厚さ方向に収縮（圧電縦効果）し、その面内方向では伸長（圧電横効果）する。図示例では、圧電横効果、すなわち固定部3と可動部4とを結ぶ方向の伸縮を利用して、可動部4を変位させる。

【0020】次に、この構成の圧電アクチュエータの動作を具体的に説明する。電極層5に電圧を印加すると、変位発生部は電界の向きと分極の向きとの関係に応じて、固定部3と可動部4とを結ぶ方向に伸長または収縮する。この結果、変位発生部が設けられた一方の梁部の長さとは他方の梁部の長さとの比率が変化し、これによって両梁部は板状体の面内において同方向に撓む。この撓

みによって、固定部3に対し可動部4が揺動することになる。この揺動は、可動部4が変位発生部2の伸縮方向に対しほぼ直交する方向に弧状の軌跡を描く変位であり、揺動方向は板状体の面内に存在する。なお、図中の矢印は、変位発生部が収縮した場合の可動部4の揺動方向を示すものである。変位発生部に印加する電圧の強度や向きを制御することにより、可動部4の揺動量（回転角、変位量）や揺動の向きを制御することができる。

【0021】なお、電圧無印加時の位置を中央として揺動させる場合、揺動の一方の側では変位発生部を伸長させることになり、このときの駆動電圧は分極の向きと逆となる。このため、印加電圧が高い場合や継続的に電圧印加を行う場合には、圧電・電歪材料の分極が減衰するおそれがある。したがって、通常、分極と同じ向きに一定の直流バイアス電圧を加えておき、このバイアス電圧に前記駆動電圧を重ねたものを駆動電圧とすることにより、駆動電圧の向きが分極の向きと逆になることがないようにする。この場合の揺動は、バイアス電圧だけを印加したときの位置を中央とするものとなる。

【0022】実際に精密機器等における光学部品等の位置制御や角度制御に用いる際には、可動部4には光学部品等を接着などにより固定し、一方、固定部3は精密機器の基板に接着などにより固定する。

#### 【0023】図2の構成

図1に示す構成では、固定部3と可動部4とを接続する2本の梁部の一方だけに電極層5を設けて変位発生部としているが、図2に示すように、両方の梁部にそれぞれ一対の電極層5を設けて変位発生部とする構成としてもよい。

【0024】図2の構成において、一方の変位発生部と他方の変位発生部とに、収縮を生じさせる電圧を交互に印加したとき、可動部4は電圧無印加時の位置を中央として揺動する。このとき、電圧と分極とは向きが同じなので、分極減衰のおそれはない。この構成では、駆動電圧を同じとしたときの揺動の振幅は、図1の構成においてバイアス電圧を重ねた場合の約2倍となる。なお、両変位発生部に交互に印加する電圧が変位発生部を伸長させるものであっても、同様な揺動が生じる。

【0025】図2の構成では、両変位発生部に、互いに逆の変位が生じるような駆動電圧を同時に印加してもよい。すなわち、一方の変位発生部と他方の変位発生部とに、一方が伸長したとき他方が収縮し、一方が収縮したとき他方が伸長するような交番電圧を同時に印加してもよい。このときの可動部4の揺動は、電圧無印加時の位置を中央とするものとなる。この場合、駆動電圧を同じとしたときの揺動の振幅は、図1の構成においてバイアス電圧を重ねた場合の約4倍となる。ただし、この場合、伸長するほうの変位発生部では電圧と分極とが逆向きとなるので、分極減衰のおそれがある。

#### 【0026】図3の構成

図3に示される圧電アクチュエータは、図2の構成と同様に、固定部3と可動部4とが2本の棒状の梁部2によって接続され、各梁部の一部には、それぞれ一対の電極層5が設けられて変位発生部を構成している。ただし、図3ではヒンジ部21が設けられている。ヒンジ部21は、梁部のうち変位発生部と可動部との間にある領域である。ヒンジ部21は、厚さに対する幅が変位発生部のそれより小さく、アクチュエータ面内方向の撓み剛性が変位発生部に比べ低くなっている。

【0027】この構成において、図中に矢印で示すように、一方の変位発生部と他方の変位発生部とが互いに逆の変位を生じるような電圧を印加すると、ヒンジ部21は撓み剛性が相対的に低いので、両変位発生部の伸縮に伴ってアクチュエータ面内方向に撓み、両変位発生部は撓み剛性が相対的に高いので、ほとんど撓まない。この結果、可動部4は、両梁部との2箇所の接続部の中央付近を中心とする回転変位をすることになる。なお、可動部3に付した矢印は、両変位発生部が図中の矢印方向に収縮または伸長する場合の可動部3の回転方向を示す。

【0028】この構成では、変位発生部の撓み剛性に対するヒンジ部の撓み剛性が低いほど、変位発生部の単位収缩量あたりの可動部の回転角度が大きくなる。

【0029】この構成においても、図2の構成と同様に、一方の変位発生部と他方の変位発生部とに、収縮または伸長を生じさせる電圧を交互に印加してもよい。また、図1の構成と同様に、一方の梁部だけに電極層を設ける構成としてもよいが、その場合には、可動部3の回転の中心が、電極層を設けない梁部のヒンジ部付近となる。

#### 【0030】図4、図5の構成

図4および図5にそれぞれ示される圧電アクチュエータは、アクチュエータの外枠を構成する棒状の固定部3と、固定部3に包囲された可動部4と、これらを結ぶL字型の梁部2とを有する。梁部2は、図4では2本存在し、図5では4本存在する。これらの圧電アクチュエータの外形形状は、面内に対し垂直でかつ可動部4の中央を通る対称軸（図中のZ軸）について回転対称である。

【0031】これらの構成において、両変位発生部が同時に収縮または同時に伸長するような電圧を印加すると、可動部3は前記対称軸を中心とする回転運動をする。各図中には、各変位発生部が収縮する場合の可動部3の回転方向を矢印で示してある。

【0032】なお、図4および図5において、梁部2のうち変位発生部と可動部3との間にある領域を、図3におけるヒンジ部21のように、アクチュエータ面内方向の撓み剛性が変位発生部のそれに比べ低くなるような形状として、ヒンジ部としての働きをもたせてもよい。

【0033】図4、図5では、固定部3と可動部4との間のスリット状孔部の長手方向と平行に、すなわち前記スリット状孔部を縦断するように梁部を形成しているた

め、変位発生部の長さを大きくとれ、その結果、可動部の回転角を大きくできる。ただし、必要に応じ、前記スリット状孔部を横断するように梁部を設ける構成としてもよい。

【0034】図4、図5における固定部3は、梁部2および可動部4を完全に包囲する枠状体であるが、必要に応じ、固定部3の一部に切り欠きを設けてもよい。

【0035】このように可動部に回転運動をさせるためには、梁部の数が2または4である必要はなく、3または5以上であってもよい。また、枠状の固定部や可動部についても、外周や内周の形状は四角形状に限られず、例えば他の多角形状としてもよく、円状としてもよい。

【0036】図5では、Z軸に対し対称な一対の梁部が2組存在するが、このうちの1組だけに電極層を設ける構成としてもよい。この場合、他の1組の梁部は支持部ないしヒンジ部として働く。

【0037】なお、図4においても一方の梁部だけに電極層を設ける構成としてもよい。また、一方の梁部だけに電極層を設けると共に、他方の梁部を前記スリット状孔部を横断するように設けてヒンジ部としてもよい。ただし、これらの構成では回転運動の中心軸が可動部の中央から外れることになるので、これらの構成は図1の構成の変形例ともいえる。

#### 【0038】図6の構成

図6の(a)および(b)に示される圧電アクチュエータは、固定部3が固定部本体31と固定部枠状体32とから構成されている以外は、それぞれ図2および図3に示される構成例と同様である。固定部枠状体32は、梁部2と接続する固定部本体31から、梁部2および可動部4を包囲するように圧電アクチュエータの面内に延びている領域である。

【0039】固定部枠状体32を設けることにより、アクチュエータの取り扱いが容易となり、例えばピンセット等によりアクチュエータをつかむ場合、固定部枠状体をつかむことができるので、変位発生部の損傷を防ぐことができる。また、枠状部を設けることにより、落下等によるアクチュエータの損傷も低減できる。また、アクチュエータを基板に固定する際の接着面積が大きくなるので、接着強度が高くなると共に接着・取り付け作業が容易となる。

【0040】なお、固定部が枠状であることによる効果は、図4、図5の各構成においても同様に実現する。

#### 【0041】図7の構成

図7(a)に示される圧電アクチュエータは、図2の圧電アクチュエータの2本の梁部2、2間にあるスリット状孔部に柔軟性充填材6を充填したものである。また、図7(b)に示される圧電アクチュエータは、図6

(a)の圧電アクチュエータに存在するすべての孔部に柔軟性充填材6を充填したものである。図7では、実際のアクチュエータと同様に電極層を梁部2に埋め込んだ

状態としている。このため、図7(a)に示されるように、梁部2の側面には電極層5の端面が露出している。

【0042】なお、図7(b)では、2本の梁部2、2に挟まれたスリット状孔部にだけ、あるいは、このスリット状孔部を除く孔部にだけ柔軟性充填材を充填してもよい。

【0043】図示例のように孔部に柔軟性充填材を充填することにより、制振効果が得られ、共振や外部からの有害振動の影響が抑制される。また、柔軟性充填材がアクチュエータ各部をブリッジすることになるため、アクチュエータの機械的強度や耐衝撃性が向上する。

【0044】また、図7(b)では、柔軟性充填材が各梁部2の両側面に露出している電極層の端面を被覆することになるため、アクチュエータの耐湿性が向上する。なお、柔軟性充填材は非電食性であることが好ましい。

【0045】この構成では、柔軟性充填材を圧電アクチュエータの面内からはみ出さないように孔部に充填するので、充填量が一定となり、性能ばらつきが抑制される。また、厚さの増加を伴わずに上記した効果が実現する。

【0046】この構成において用いる柔軟性充填材の種類、その硬度および充填量は特に限定されず、可動部の変位に与える影響が少なく、かつ十分な制振性、強度向上、耐衝撃性向上が実現し得るように適宜選択すればよいが、好ましくは、柔軟性を有する非電食性の樹脂、例えばシリコン樹脂やウレタン樹脂等を柔軟性充填材として用いる。

【0047】なお、柔軟性充填材に被覆されていない各部側面に電極層が露出している場合、あるいは柔軟性充填材を設けない場合、電極層の腐食を防ぐために、前記各部側面に被覆層を設けてもよい。固定部や可動部を基板や駆動対象物に接着剤により固定する場合には、接着剤層をアクチュエータ側面にも同時に形成して、前記被覆層として働かせることもできる。

#### 【0048】梁部の断面形状

図2に示される圧電アクチュエータでは、固定部3と可動部4とを結ぶ方向に対し垂直な断面における梁部2の幅をその厚さより小さく構成してある。この構成では、圧電アクチュエータの面内方向における梁部の撓み剛性が厚さ方向の撓み剛性よりも小さくなる。このため、変位発生部の伸縮によって発生する梁部の撓みが圧電アクチュエータの面内方向に集中することになり、あおり等の不要な変位の発生を抑制できる。梁部の厚さに対する幅の比率は特に限定されないが、好ましくは $1/2 \sim 1/5$ 程度である。

【0049】なお、梁部の幅をその厚さよりも小さくする構成は、図2の構成に限らず、上述した他の構成のすべてに適用でき、同様な効果を示す。

【0050】また、上記効果は、幅を厚さより小さくする構成を少なくとも1つの梁部について適用すれば実現

する。ただし、この構成をすべての梁部に適用することにより、さらに高い効果が得られる。また、対称性の点からもすべての梁部にこの構成を適用することが好ましい。

【0051】なお、図1および図2の構成では、固定部3と可動部4とを結ぶ2本の梁部の間隔（両梁部の中心線間の距離）が狭いほど、変位発生部の単位伸縮量あたりの梁部の撓み量は大きくなり、その結果、前記単位伸縮量あたりの可動部の変位量が大きくなる。また、一定の変位量を得るために必要な駆動電圧は、前記2本の梁部の間隔が狭いほど低くなる。梁部の幅が大きい図1と梁部の幅が小さい図2との比較から明らかなように、前記2本の梁部の間隔は梁部の幅が小さいほど狭くできる。このため、梁部の幅をその厚さより小さくする構成は、変位量の増大や駆動電圧の低減の点においても有効である。

#### 【0052】形状対称性

図1～3および図6に示される各圧電アクチュエータは、板状体の面内に対し平行な対称軸（2本の梁部間にあるスリット状孔部の中央を、孔部長手方向に貫く軸であり、図2にX軸として例示）が存在する。このため、圧電アクチュエータの表裏を反転しても使用できるので、圧電アクチュエータの各種機器への取り付け作業が容易となる。

【0053】また、図4～5に示される各圧電アクチュエータは、面内に対し垂直でかつ可動部4の中央を通る対称軸（図中のZ軸）について回転対称形状（図4では2回回転対称、図5では4回回転対称）であり、前記対称軸は可動部4の回転運動の中心軸と一致する。このため、機器への取り付けの際には、回転運動の中心軸と駆動対象物の所定の回転中心位置とを一致させるだけでよく、圧電アクチュエータの面内取り付け角度は制限されないで、取り付け作業がさらに容易となる。

#### 【0054】共通の構成

上述した各図例は、上述したように変位発生部の圧電横効果による伸縮を利用する構成であるが、本発明では、電界の方向と一致する方向の伸縮、すなわち、いわゆる圧電縦効果による伸縮を利用する構成としてもよい。圧電縦効果を利用する場合、固定部と可動部とを結ぶ方向と垂直になるように電極層を設ける。ただし、圧電横効果を利用する構成のほうが製造が容易であり、また、アクチュエータの機械的強度が高くなることもあるので、好ましい。

【0055】本発明の圧電アクチュエータの各部の寸法は特に限定されず、適用される用途や機器などに応じて適当に設定すればよいが、アクチュエータ全体を板状体として考えると、通常、板状体の一边は0.5～20mm程度、厚さは0.1～5mm程度である。また、梁部の長さは0.3～15mm程度である。変位量は、板状体の面内方向の移動距離で0.01～10μm程度、回転角度

で0.05～2°程度である。また、駆動電圧は、3～100V程度である。

【0056】本明細書において圧電・電歪材料とは、逆圧電効果または電歪効果により伸縮する材料を意味する。本発明に用いる圧電・電歪材料は、上述したような形状のアクチュエータに加工可能な材料であれば何であってもよいが、通常、PZT {Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>}、PT (PbTiO<sub>3</sub>)、PLZT {(Pb, La)(Zr, Ti)O<sub>3</sub>}、チタン酸バリウム(BaTiO<sub>3</sub>)等のセラミックス圧電・電歪材料が好ましい。本発明の圧電アクチュエータをセラミックス圧電・電歪材料から構成する場合、シート法や印刷法等の厚膜法を用いて容易に製造できる。ただし、セラミックス圧電・電歪材料以外にも例えばフッ化ビニリデン等の高分子圧電材料なども用いることができる。なお、本発明の圧電アクチュエータは、薄膜法により作製することもできる。圧電・電歪材料が結晶構造を有する場合、多結晶体であっても単結晶体であってもよい。

【0057】電極層の形成方法は特に限定されず、圧電・電歪材料層の形成方法を考慮して、導電性ペーストの焼成や、スパッタ、蒸着等の各種方法から適宜選択すればよい。

【0058】本発明の圧電アクチュエータでは、変位発生部に、両側を電極層に挟まれた圧電・電歪材料層が少なくとも1層存在する構成であればよいが、好ましくは、このような圧電・電歪材料層が2層以上積層された積層型のものであることが好ましい。このような積層構造では圧電・電歪材料層が薄くなるので、必要な電界強度が低電圧で得られるようになる。このため、駆動電圧を低減することができる。また、単層構造の場合と同じ駆動電圧とすれば、より大きな伸縮量が得られる。圧電・電歪材料層の厚さは特に限定されず、駆動電圧や、必要とされる伸縮量、製造しやすさ等の各種条件に応じて適宜決定すればよいが、通常、5～50μm程度であることが好ましい。圧電・電歪材料層の積層数の上限は特になく、目的とする厚さの変位発生部が得られるように適宜決定すればよい。なお、最も外側にある電極層のさらに外側には、いわゆる蓋としての圧電・電歪材料層が設けられる。

【0059】図1～7に示す例では、変位発生部の領域を示すために電極層の形状を単純化して表しているが、実際には、例えば図8(a)に示されるような構造の内部電極層を設け、さらに、図8(b)に示されるように、これらの内部電極層に接続される端子電極を設ける。

【0060】図8(a)には、アクチュエータ中において隣り合っている圧電・電歪材料層201、202が示されている。圧電・電歪材料層201の表面には内部電極層G<sub>1</sub>が、圧電・電歪材料層202の表面には内部電極層A<sub>1</sub>および内部電極層B<sub>1</sub>が形成されている。内部

電極層 $G_1$ と内部電極層 $A_1$ との組み合わせおよび内部電極層 $G_1$ と内部電極層 $B_1$ との組み合わせが、それぞれ圧電・電歪材料層を挟む一対の電極層となる。この構成では、内部電極層 $A_1$ および内部電極層 $B_1$ について、内部電極層 $G_1$ に対するそれぞれの電位および電圧印加のタイミングを制御して、上述した様々なパターンで変位を生じさせる。

【0061】図8(b)は、図8(a)に示す内部電極層を設けた場合の端子電極の構成例である。この例では、固定部3側面に露出した内部電極層 $G_1$ 、 $A_1$ 、 $B_1$ それぞれの端面と接続する端子電極 $G_0$ 、 $A_0$ 、 $B_0$ が、固定部3の側面に形成されている。

【0062】本発明の圧電アクチュエータは、圧電・電歪材料、電極層、柔軟性充填材などだけから構成されていてもよいが、さらに、弾性板や制振シールを張り付けたりすることなどにより、アクチュエータとしての性能や耐久性を向上させることもできる。

【0063】本発明の圧電アクチュエータは、変位量や回転角の微調整機能が必要な機器自体に組み込んで使用してもよく、精密組立装置や治具の一部として用いることもできる。

#### 【0064】製造方法

以下、本発明の圧電アクチュエータの製造方法の具体例として、セラミックス圧電・電歪材料を用いる場合について説明する。

【0065】セラミックス圧電・電歪材料の板状体の作製には、積層セラミックチップコンデンサなどと同様に、シート法や印刷法等の厚膜法を用いることが好ましい。ここでは、シート法の概略について説明する。まず、セラミックス粉末材料、バインダ、溶剤等を混練してペーストを調製し、これを成形してグリーンシートを作製する。また、導電性材料、バインダ、溶剤等を混練して内部電極層ペーストを調製しておく。次に、グリーンシート上に例えば図8(a)に示されるような所定のパターンとなるように内部電極層ペーストを印刷した後、これを所定数積層し、圧着して積層体を得る。この積層体を焼成し、薄板状焼結体を得る。この薄板状焼結体に対し、次に説明する形状加工を施してもよいが、この薄板状焼結体を適当な寸法に切断した後、形状加工を行ってもよい。

【0066】次に、薄板状焼結体に、孔部や切り欠きを設ける形状加工を施す。薄板状焼結体からは、通常、複数のアクチュエータを切り出すが、この切り出しも形状加工の際に同時に行う。形状加工に際しては、まず、薄板状焼結体の全面にフォトレジスト層を形成する。次いで、パターン露光を行った後、現像し、隣接するアクチュエータとの境界部や、孔部、切り欠きに対応する領域のフォトレジストを除去する。次いで、フォトレジストに被覆されていない領域をサンドブラスト加工により除去して、複数のアクチュエータを切り出すと共に目的と

する形状のアクチュエータを得る。形状加工後、フォトレジストを除去し、必要に応じて端子電極を形成する。端子電極は、焼き付け、蒸着等の通常の方法により形成すればよい。

【0067】形状加工には、超音波ホーンを用いることもできる。超音波ホーン加工では、通常、砥粒分散液に被加工物を浸漬した状態で、超音波ホーンにより形状加工を行う。

【0068】なお、形状加工は、焼成前に行うこともできる。

【0069】一般に、圧電材料は分極処理により変位性能が向上するので、本発明でも上述したように分極処理を施すことが好ましい。通常、分極処理は、アクチュエータ形成後、その電極層を利用して直流電圧を印加することにより行うが、上述した薄板状焼結体の段階で行ってもよい。

【0070】なお、高分子圧電材料を用いる場合のアクチュエータ製造工程は、通常、原料樹脂合成→フィルム状加工→延伸処理→電極形成→分極処理の順に進む各工程を含み、延伸処理後またはそれ以降のいずれかの工程後に形状加工工程が設けられる。

#### 【0071】

【実施例】圧電・電歪材料としてPZT（圧電定数 $d_{31} = -250 \times 10^{-12} \text{ m/V}$ ）を用い、上述した厚膜法を利用して、図2に示される構造のアクチュエータを作製した。

【0072】圧電・電歪材料層は厚さ $20 \mu\text{m}$ とし、両側を電極層に挟まれた8層と、蓋となる上下の各1層との10層積層体（全厚 $0.2 \text{ mm}$ ）とした。変位発生部は、長さ $1 \text{ mm}$ 、幅 $0.1 \text{ mm}$ 、厚さ $0.2 \text{ mm}$ とし、両変位発生部間のスリット状孔部の幅は $0.1 \text{ mm}$ とし、変位発生部には分極処理を施した。

【0073】このアクチュエータに対し、分極の向きと同じ向きに $20 \text{ V}$ の電圧を印加したとき、変位発生部の収縮量は約 $0.2 \mu\text{m}$ であり、その際の可動部の変位量（変位発生部の長さ方向と直交する方向の変位量）は約 $0.5 \mu\text{m}$ であった。すなわち、変位発生部の収縮量よりも可動部の変位量が大きく、変位量の拡大が可能であった。そして、両変位発生部に前記電圧を交互に印加したところ、可動部の変位量は約 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ であった。

【0074】なお、上記した変位量の拡大は、図1の構造のアクチュエータでも可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜視図である。

【図2】本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜視図である。

【図3】本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜視図である。

【図4】本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜



視図である。

【図5】本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜視図である。

【図6】(a)および(b)は、本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜視図である。

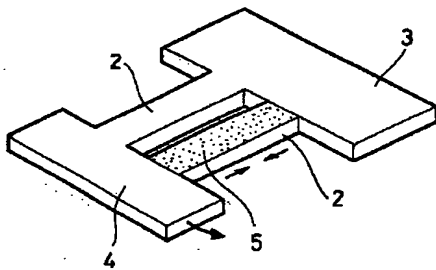
【図7】(a)および(b)は、本発明の圧電アクチュエータの構成例を示す斜視図である。

【図8】(a)は、内部電極層の構成例を示す分解斜視図であり、(b)は端子電極の構成例を示す平面図である。

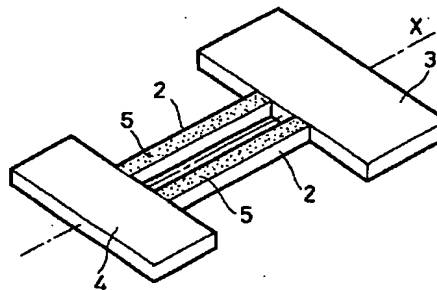
【符号の説明】

- 2 梁部
- 21 ヒンジ部
- 3 固定部
- 4 可動部
- 5 電極層
- 6 柔軟性充填材
- $A_1$ 、 $B_1$ 、 $G_1$  内部電極層
- $A_0$ 、 $B_0$ 、 $G_0$  端子電極

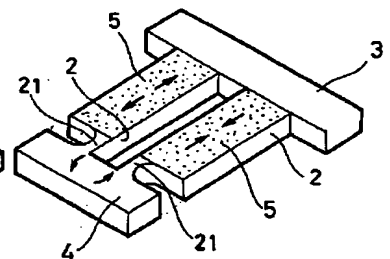
【図1】



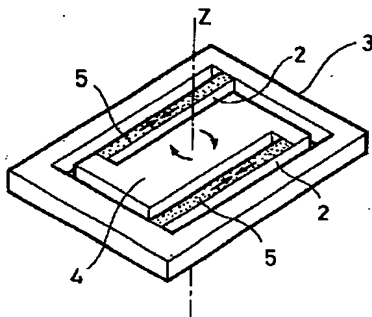
【図2】



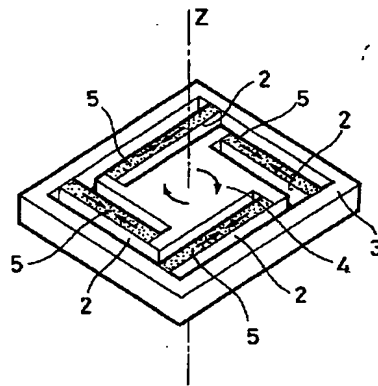
【図3】



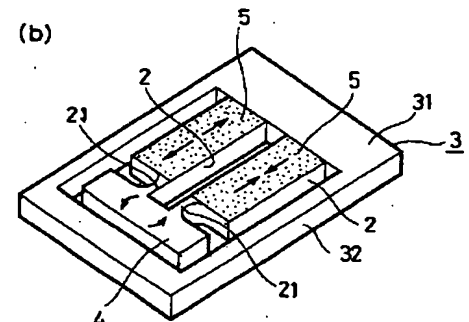
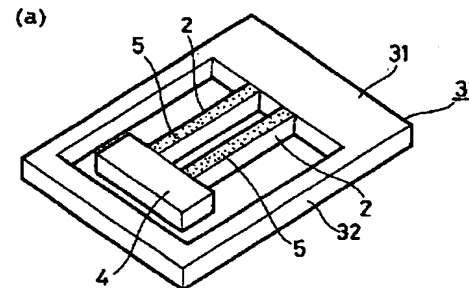
【図4】



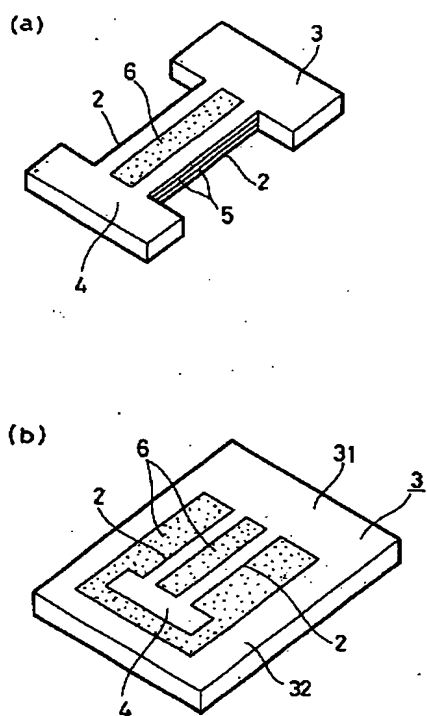
【図5】



【図6】



【図 7】



【図 8】

